

Секция «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление»

Пространственные колебания консольной балки Тимошенко С. П.

Нгуен Вьет Куанг

Студент (бакалавр)

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Физико-технический факультет, Математика и моделирование (МиМ), Саратов, Россия

E-mail: quang35288@mail.ru

Балки, как самостоятельные элементы, или как часть каких либо более сложных структур широко используются в современной промышленности: в авиационных и ракетно-космических отраслях, в судо- и автомобилестроении, в энергетическом и химическом машиностроении, в жилищном строительстве и т. д. Именно поэтому исследование пространственных нелинейных колебаний балок и структур является актуальным.

В работе исследуется влияние относительной толщины на характер колебаний нелинейных балок С.П. Тимошенко. Основное внимание уделяется влиянию поперечных сдвигов на характер колебаний. В качестве исходных уравнений были взяты уравнения нелинейной структуры С. П. Тимошенко. Уравнения в частных производных для балок сводятся к задаче Коши методом конечных элементов по пространственным переменным и решаются с помощью пакета программ ANSYS LS-DYNA Solver и LS-DYNA Pre Post методом Эйлера.

Балка была разбита по длине на 100 элементов и на 9 элементов в поперечном сечении. Количество разбиений по толщине и длине объектов выбиралось по принципу Рунге. В итоге конечно-элементная модель каждой балки содержит 900 элементов. Для балок использовался тип элемента BEAM-188, сделанный из материала 12X18H10T - стали, со следующими физико-механическими характеристиками: модуль Юнга 20900 кг/мм²; коэффициент Пуассона 0.3; плотность $8 \cdot 10^{-10}$ кг*с²/мм²; Граничные условия балок несимметричны, с одной стороны балки находится опора, фиксирующая все шесть степеней свободы, то есть защемление, а с другой стороны конец свободен. Начальные условия нулевые. Рассматривается пространственное колебание балки в трёхмерном пространстве OXYZ.

Длина балки равна 200мм, сечение представляют собой квадрат со сторонами 2мм, 4мм, 8мм. На свободном конце балки действует нагрузка в виде линейной функции. Расчёт проводился интервале времени от 0 до 20 секунд, где в первые 2 секунды была приложена линейная нагрузка в виде непрерывной функции $y=x$, где $0 \leq x \leq 2$ кг/м. Изучаются пространственные колебания балки в пространстве OXYZ. Такого типа балки изучаются впервые, в известной нам литературе в основном исследуются плоские колебания балок [1] (XOZ). Анализ проводился методами нелинейной динамики и качественной теорией дифференциальных уравнений. Для этого строился спектр мощности Фурье, вейвлеты Морле, сечение Пуанкаре, фазовые плоскости.

Были выявлены сценарии перехода колебаний из гармонических в хаотические.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-01-00721 А.

Источники и литература

- 1) A.V.Krysko, J.Awrejcewicz, O.A.Saltykova, M.V.Zhigalov, V.A.Krysko Investigations of chaotic dynamics of multi-layer beams using taking into account rotational inertial effects - Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 19(8), 2014. P. 2568-2589.